VERSUCHE

ÜBER DIE

EINFLÜSSE DER WÄRME

UND

CHEMISCHER AGENTIEN

AUF DIE

ELECTROMOTORISCHEN KRÄFTE

DER

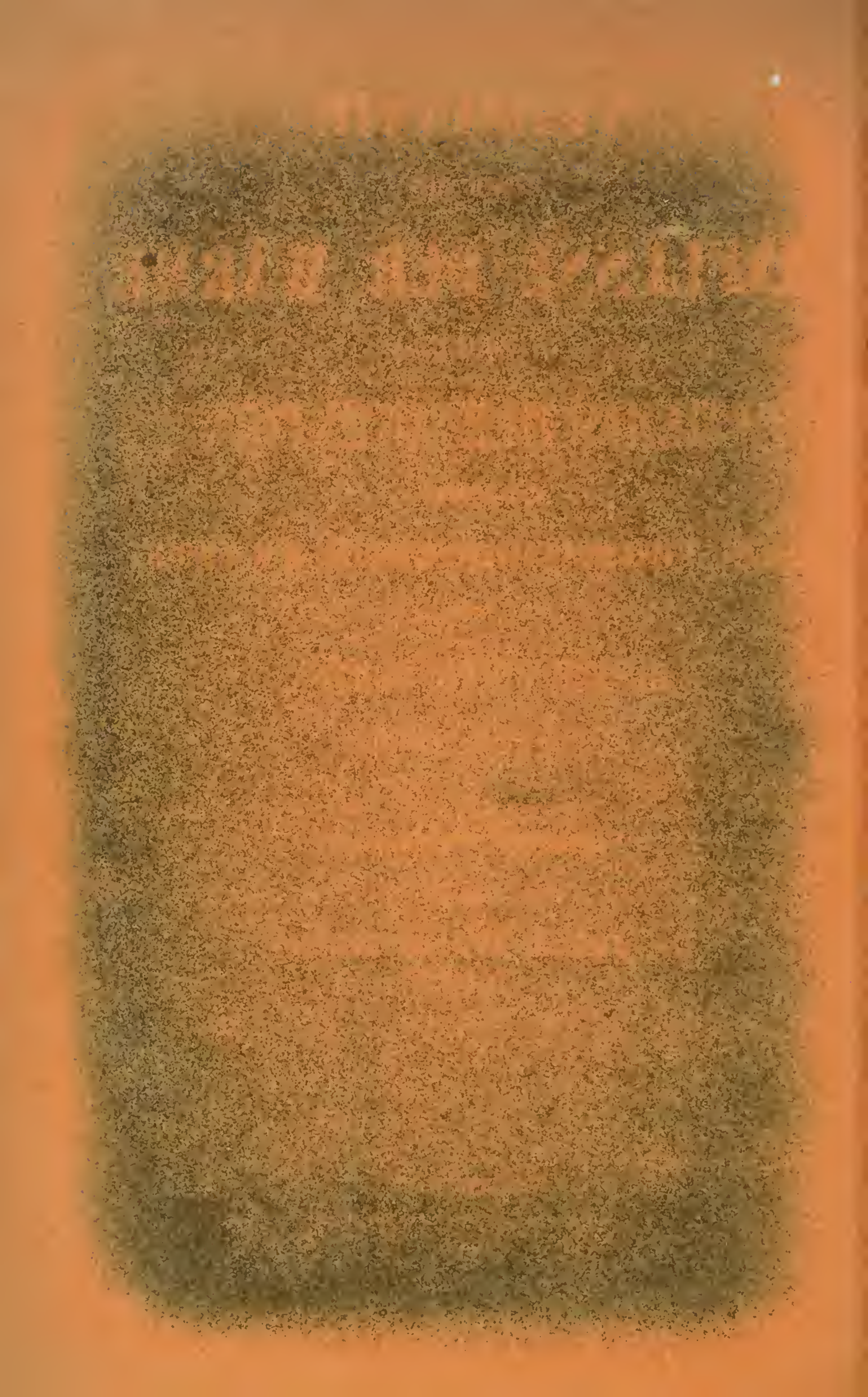
MUSKELN UND NERVEN.

Vorläufige Mittheilung

von

Dr. Jakob Worm Müller.

WÜRZBURG.
Druck der Stahel'schen Buchdruckerei.
1868.



VERSUCHE

ÜBER DIE

EINFLÜSSE DER WÄRME

UND

CHEMISCHER AGENTIEN

AUF DIE

ELECTROMOTORISCHEN KRÄFTE

DER

MUSKELN UND NERVEN.

Vorläufige Mittheilung

von

Dr. Jakob Worm Müller.

WÜRZBURG.
Druck der Stahel'schen Buchdruckerei.
1868.



Die von Dr. *Hermann* gefundene neue interessante Thatsache der Erwärmungsströme im Muskel und die von ihm aufgestellte neue Theorie der Muskelströme hat wohl Alle mit grossem Interesse erfüllt. Leider hat Herr Dr. Hermann es versäumt, in seiner Schrift genauere Zahlenangaben über die Stärke und die electromotorische Kraft der von ihm entdeckten Erwärmungsströme zu machen; ein Umstand, der um so mehr zu bedauern ist, als die Schlüsse, welche er aus diesen Versuchen zieht, ungemein weit gehen. Dieses hat mich bewogen, die Erwärmungsströme einer näheren Prüfung zu unterwerfen. Ich habe durch eine grosse Anzahl von Versuchen die Charakteristik der Erwärmungsströme im Muskel und Nerven festgestellt und ich glaube auch selbst an anderen Geweben ähnliche Ströme gefunden zu haben. Da die ferneren Untersuchungen wohl noch circa zwei Monate beanspruchen werden, so sandte ich den 10. Januar d. Js. diese meine vorläufige Mittheilung in's Centralblatt an Dr. *Hermann*. Derselbe würdigte sie jedoch der Aufnahme nicht aus mannigfaltigen, doch schwerlich stichhaltigen Gründen. Er meint, dass dieses Capitel der Physiologie nur ihn und *du Bois* angehe, und die Einmischung eines Dritten unnöthig sei, ferner dass die so eben erschienene Arbeit*) von *du Bois* meine Untersuchungen unnöthig und überflüssig mache, und dass er wohl Arbeiten, die gegen ihn gerichtet sind, aber nicht diese Arbeit, die wenigstens äusserlich den Anschein hat, für ihn zu sein, aufnehmen möchte.

Die Stichhaltigkeit dieser Gründe und die Handlungsweise des Herrn Redacteurs des Centralblattes stelle ich der Beurtheilung des geehrten Lesers anheim.

Würzburg, 15. Januar 1868.

*) Widerlegung der von *Ludimar Hermann* kürzlich veröffentlichten Theorie von *E. du Bois Reymond*. Berlin 1867.

Versuche über die Einflüsse der Wärme und chemischer Agentien auf die electromotorischen Kräfte der Muskeln und Nerven.

Erste vorläufige Mittheilung

von **Dr. Jakob Worm Müller**
aus Christiania.

Erwärmungsversuche.

Durch eine grosse Reihe von Versuchen, theils nach Dr. *Hermann*'s *) grösstentheils und wesentlich aber nach eigenen verbesserten Methoden angestellt, mittelst deren ich die grösste Gleichartigkeit in meinen Vorrichtungen und die genaueste Controle derselben vor, während und nach dem Versuche erzielt habe, bin ich zu folgenden Resultaten gekommen.

A. Muskeln.

a) **Froschmuskeln.** Die hier mitgetheilten Versuche sind ausschliesslich am Musc. Sartorius angestellt.

α) Erregbare Froschmuskeln.

I. Die von Dr. *Hermann* beobachtete schwache Positivität des in verdünnte Kochsalzlösung eingetauchten Muskelendes bei Erwärmung bis auf 30° C. habe ich als Regel gefunden. Diese Positivität erreicht

*) Weitere Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven von Dr. *Ludimar Hermann.* Berlin 1867.

gewöhnlich ihr Maximum bei 33—35° C. Die electromotorische Kraft des Stromes ist im Mittel 0,0015—0,002 Daniell, kann jedoch eine Grösse von 0,008 D. erreichen. Diese Erscheinung, welche mit der Abkühlung fast parallel zurückgehen kann, steht in Beziehung zu den Lebenseigenschaften des Muskels.

II. Die von Dr. *Hermann* beobachtete Negativität des eingetauchten und erwärmten Endes bei circa 40° C. ist constant vorhanden.

Die electromotorische Kraft dieses Stromes schwankt in weiten Grenzen, Maximum 0,074 D., Minimum 0,007 D. Die gewöhnliche Zahl 0,025 D. bis 0,03 D., so dass man in mehreren Fällen blos eine Abschwächung, nicht eine Umkehrung des von einer wirksamen Anordnung herrührenden und in entgegengesetzter Richtung gehenden Stromes findet. Beeinflussende Umstände sind: 1) Die raschere oder langsamere Steigerung der Temperatur von 40° C. auf circa 60° C. Bleibt man auf 40° C. stehen, ist die electromotorische Kraft nicht so gross; wird indessen in diesem Falle, nachdem eine längere Zeit (circa 15 Minuten) die electromotorische Kraft constant geblieben ist, die Temperatur gesteigert, so nimmt in den meisten Fällen die electromotorische Kraft nicht mehr zu. 2) Der Grad der Feuchtigkeit des Muskels. Bei starker Eintrocknung der Muskeloberfläche kann die electromotorische Kraft die Grösse von 0,063 D. erreichen, selbst bei blosser Erwärmung bis auf 40°, nimmt aber mit einem Male bedeutend ab, sobald der Muskel befeuchtet wird (z. B. von 0,063 D. auf 0,034 D. in einem Versuche). 3) Die Frösche selbst.

Die electromotorische Kraft entwickelt sich ziemlich schnell, erreicht erst nach Minuten ihr Maximum (3—30 Minuten, gewöhnlich 9 Minuten) und kann stundenlang ohne beträchtliche Schwächung selbst bei gelinder Abkühlung bestehen bleiben.

Ein längeres Abkühlen (2° C.) des nicht erwärmten Muskelendes sowohl vor als während des Versuchs scheint keinen merkbaren Einfluss auf die electromotorische Kraft dieses Stromes zu haben.

β) Nicht länger erregbare Froschmuskeln (nicht starre, starre, faulende Muskeln).

Bei noch nicht starren Fröschen, wo die stärksten directen und indirecten Reize keine Spur von Zuckung hervorbrachten, war sowohl die Positivität als Negativität deutlich vorhanden, aber bedeutend geschwächt (ohngefähr um die Hälfte).

Bei starren Fröschen ist die Positivität nur ausnahmsweise und undeutlich vorhanden; die Negativität — fast constant, doch sehr schwach, oft nur andeutungsweise (0,006—0,0005 D.) vorhanden und tritt dann oft erst bei 46—50° C. auf.

Bei Fröschen, wo die Starre gelöst und wo Fäulnisserscheinungen ausgesprochen waren, habe ich mit meiner Methode weder Positivität noch Negativität beobachtet; jedenfalls ist der Unterschied bei niederer und höherer Temperatur verschwindend klein (z. B. bei 24° C. 0,0001 D., bei 58° C. 0,00025 D. in demselben Sinne).

b) Kaninchenmuskeln.

Die sämmtlichen hier mitgetheilten Versuche beziehen sich auf dünne Halsmuskeln.

α) Bei Kaninchen, deren Muskeln binnen der ersten Stunde nach dem Tode untersucht worden sind, ist: I. Die Positivität des eingetauchten und erwärmten Muskelstücks auch regelmässig vorhanden. Sie entwickelt sich successive beim Erwärmen von cirsa 20° auf 40° C., bei welcher letzteren Temperatur sie ihr Maximum erreicht. Die electromotorische Kraft des Stromes schwankt in weiten Grenzen (0,009—0,0015 D.). II. Die Negativität fängt gewöhnlich bei 48° C. an. Die electromotorische Kraft des Stromes schwankt auch hier in weiten Grenzen (0,058—0,019 D.) und erreicht erst nach Minuten ihr Maximum (2—8 Minuten). Bei Kaninchen, welche erst einige Stunden nach dem Tode untersucht wurden, sind die Ströme bereits bedeutend geschwächt. β) Bei todtenstarren Kaninchen ist die Positivität nur ausnahmsweise und verschwindend klein (0,005 D.), die Negativität oft, aber lange nicht constant und gewöhnlich sehr schwach (0,013—0,005 D.) vorhanden.

Hieraus sieht man, dass das Verhalten der Säugethiermuskeln auch in dieser Hinsicht im Wesentlichen den Froschmuskeln entsprechend ist.

B. Nerven.

Hier wurden nur meine Methoden angewandt.

a) Froschnerven. Sämmtliche Versuche sind an frisch ausgeschnittenen Froschnerven angestellt.

Beim Erwärmen des in verdünnte Kochsalzlösung eingetauchten Nervenendes entwickelt sich gewöhnlich schon von 20° C. an eine schwache Negativität, die sehr allmählich und langsam wächst bis 40° C. Die electromotorische Kraft dieses Stromes ist im Mittel 0,0016 D. Von 40° C. an bis 48° C. tritt eine raschere Steigerung ein (eine Vermehr-

ung um 0,0135—0,002 D.). Von 48° an nimmt die electromotorische Kraft noch um ein Bedeutendes zu und erreicht ihr Maximum zwischen 60° und 70° C. (dieser Zuwachs schwankt zwischen 0,0195 D. bis 0,0045 D.).

Bei Temperaturen über 70° C. treten verschiedenartige Erscheinungen auf (Verminderung, Constantbleiben, Vermehrung), welche ich noch nicht genauer studirt habe.

Die electromotorische Kraft des Gesammtstromes schwankt in weiten Grenzen, Maximum 0,036 D., Minimum 0,011 D.

Beeinflussende Umstände sind auch hier: 1) Die Steigerung der Temperatur, wie ich oben bereits erörtert habe. Hier besteht die Eigenthümlichkeit, dass die Negativität, welche von den Temperaturen unter 47° C. herrührt, beim Abkühlen auf einige Grade wieder abnehmen kann, dagegen ist die Negativität, welche sich bei Temperaturen über 48° C. entwickelt, eine bleibende, welche nicht mit der Abkühlung parallel zurückgeht. Ferner: bleibt man auf einer Temperatur unter der Maximaltemperatur, z. B. 50° C. längere Zeit stehen, bis die electromotorische Kraft nicht mehr wächst, so kann dieselbe beim weiteren Erwärmen noch mehr zunehmen. 2) Der Grad der Feuchtigkeit des Nerven. Bei Eintrocknung erreichte in einem Versuche die electromotorische Kraft eine Grösse von 0,036 D. und nahm nach Befeuchtung mit einem Mal bedeutend ab, so dass nur 0,015 D. zurückblieb.

Die electromotorische Kraft des Stromes erreicht gewöhnlich erst nach circa einer halben Stunde ihr Maximum, in keinem meiner Versuche früher als 15 Minuten.

b) **Kaninchennerven.** Die Versuche sind theils an den Nerven eines lebenden Kaninchens, theils an denen eines vor einer Stunde getödteten gemacht.

I. Bei Erwärmung von 20° auf circa 45° C. entwickelt sich eine deutliche Positivität, welche ihr Maximum bei 45° C. erreicht. Die electromotorische Kraft dieses Stromes ist im Mittel 0,003 D. Diese Positivität kann bei Abkühlung zurückgehen (was auch bei den Muskeln mit der Positivität wahrscheinlich der Fall ist).

II. Von circa 55° an entsteht die Negativität, die ihr Maximum zwischen 70°—80° C. erreicht. Die electromotorische Kraft des Stromes schwankt zwischen 0,038—0,005 D. Trockniss hat auch hier denselben Einfluss (z. B. wurde die electromotorische Kraft durch Befeuchtung von 0,038 D. zu 0,0275 D. herabgesetzt).

Hieraus sieht man, dass der Säugethiernerv auch in dieser Hinsicht sich dem Froschnerven ähnlich verhält. Die wesentlichste Abweichung ist, dass der Froschnerv keine Positivität beim Erwärmen von 20—40° C. zeigt; indessen habe ich in einem Falle eine deutliche Positivität (0,0015 D.) beim Erwärmen von 22—45° C., in einem anderen Falle eine äusserst schwache Positivität (0,0005 D.) beobachtet, so dass vielleicht auch hier bei Temperaturen zwischen 20 — 40° C. eine Positivität sich constant geltend macht*), die in meinen Versuchen durch irgend einen Einfluss verdeckt worden ist, mit dessen Auffindung ich beschäftigt bin.

Eine gewisse Aehnlichkeit zwischen Nerven und Muskeln ist auch nicht zu verkennen; der wesentlichste Unterschied ist, dass im Muskel die Negativität sich hauptsächlich bei einer bestimmten Temperatur (circa 40° Frosch, circa 48° Kaninchen) entwickelt, im Nerven dagegen die Negativität mit der Steigerung der Temperatur stufenweise wächst.

Ueber das relative Verhalten des Muskelstromes (*Matteucci, Du Bois*) zu den Erwärmungsströmen in den verschiedenen Stadien nach dem Tode habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, die noch nicht zum Abschluss gebracht worden sind.

Zum Schlusse will ich Folgendes bemerken.

Die Erwärmungsströme sind von Dr. *Hermann* nur an Froschmuskeln untersucht; meine Befunde hier stimmen mit denen des Hrn. Dr. *Hermann* in sofern überein, dass ich auch die Positivität und Negativität beobachtet habe, sind aber in vieler Hinsicht abweichend. Die Positivität ist nach Dr. *Hermann* nur eine „Störung“, welche „mit den Lebenseigenschaften des Muskels nichts zu thun“ hat und „vermuthlich davon herrührend, dass die Thonmasse und die Muskelsubstanz ungleich schnell an der Erwärmung der Kochsalzlösung theilnehmen.“ Dieses ist nach meinen Untersuchungen gar nicht der Fall; die Positivität hat mit den Lebenseigenschaften des Muskels zu thun. Die bei circa 40° C. bestehende Negativität beschreibt Dr. *Hermann* als „einen ausserordentlich starken Strom“, welcher „unvergleichlich viel grösser ist, als der Strom, den man sonst unter den günstigsten Umständen von Sartorius erhält, ja sie übertrifft oft die Stärke des Muskelstroms des Gastrocnemius.“ Jedenfalls ist die electromotorische Kraft dieses Stromes nach meinen Versuchen gewöhnlich lange nicht so gross; nie habe ich eine electromotorische Kraft be-

---

*) Höchst wahrscheinlich nicht der Fall.

obachtet, welche die von einer starken Anordnung des Gastrocnemius herrührende übertrifft*), und blos in ein paar Fällen eine solche, die derselben annähernd gleichkommt (z. B. in einem Versuche, wo ich den Muskel nicht vor Eintrocknung geschützt hatte, und wo die electromotorische Kraft eine Grösse von 0,074 D. erreichte). Bei Versuchen auf Winterfrösche habe ich mit dem M. Sartorius in starker wirksamer Anordnung eine electromotorische Kraft von 0,042 D. (als höchste Zahl) bekommen; Negativität von so grosser electromotorischer Kraft ist in meinen Erwärmungsversuchen nur in einer kleineren Zahl der Fälle erreicht; in der Mehrzahl der Fälle war die electromotorische Kraft geringer. Hinsichtlich der beeinflussenden Umstände hebt Dr. *Hermann* nur hervor, dass ein langsames Erwärmen bis auf 40⁰ den vollen Strom entwickelt, welcher bei weiterer Steigerung nicht zunimmt; in meinen Versuchen hat die Steigerung der Temperatur über 40⁰ C. einen unverkennbaren Einfluss auf die Grösse der Negativität; die Ausnahmsfälle sind oben erwähnt.

Auch bezüglich der starren Muskeln sind meine Befunde abweichend. Dr. *Hermann* will auch hier dieselbe Positivität gefunden haben, welche nach ihm mit der weiteren Erwärmung bis 90⁰ continuirlich steigt und niemals in Negativität übergeht. Ich habe in den verschiedenen Stadien nach dem Tode eine successive Abnahme beider Ströme gefunden, in todtenstarren Muskeln waren sie inconstant und nur äusserst schwach und in faulenden waren sie nicht vorhanden. Diese meine Befunde stimmen mit den übrigen Erfahrungen über das allmählige Absterben der Froschmuskeln nach dem Tode sehr gut überein.

Diese Abweichungen rühren wahrscheinlich zum Theile davon her, dass Dr. *Hermann* mit Sommerfröschen (?) und ich mit Winterfröschen experimentirt habe, wesentlich aber wohl davon, dass Dr. *Hermann*'s Methode zu messenden Versuchen nicht geeignet ist, indem die ungleichartige Berührung des Muskels (einerseits mit Tonelectrode, andererseits mit Kochsalzlösung) und die Erwärmung der einen Thonelectrode grosse und nicht controllirbare Fehlerquellen einschliesst. Der Muskel muss auf beiden Seiten mit Salzlösung in Berührung stehen und die Thonelectroden müssen nicht erwärmt werden. Ferner muss dafür Sorge getragen werden, dass der nicht zu erwärmende Theil des Muskels oder Nerven vor Wasserdämpfen, strahlenden Wärme und Eintrocknung geschützt wird. Das Aufhängen

---

*) Bei Versuchen auf Winterfrösche habe ich mit Gastrocnemius eine electromotorische Kraft von 0,095 D. bekommen.

des zarten und leicht erregbaren (besonders bei Winterfröschen) Sartorius an einem Seidenfaden ist nicht zweckmässig, besser ist Ueberbrückung. Das Niveau der erwärmten Kochsalzlösung, worin das Muskelende taucht, muss auch berücksichtigt werden. Grosse, anscheinend pedantische, Sorgfalt in Präparation der Thonelectroden, in der Controlle der Graduationsconstante und der Maaskette ist bei diesen Versuchen eine Nothwendigkeit.

Würzburg, den 10. Januar 1868.

